



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000275013 A**(43) Date of publication of application: **06.10.00**

(51) Int. Cl.

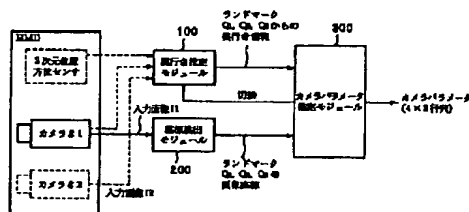
**G01B 11/00**  
**G06T 7/00**(21) Application number: **11080000**(22) Date of filing: **24.03.99**(71) Applicant: **MR SYSTEM KENKYUSHO:KK**(72) Inventor:  
**MORIYA HIROKO**  
**TAMURA HIDEYUKI**  
**YAMAMOTO HIROYUKI****(54) METHOD FOR DECIDING VIEW POINT POSITION  
ATTITUDE, COMPUTER AND STORAGE MEDIUM****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To detect a view point position, attitude of a simple camera outdoor by calculating a position attitude deciding parameter based on the corresponding relationship between marks in an image and a known mark of a world coordinate value.

**SOLUTION:** For example, a coordinate detecting module 200 of a buried material simulator detects a coordinate position of the center of gravity in an image coordinate system of three manholes Q1, Q2 and Q3. A depth estimating module 100 detects a depth in a world coordinate system of the center of gravity of three manholes based on a position of the center of gravity of the respective manholes in an image coordinate system and a position of the center of gravity in a known world coordinate system. The depth of the each manhole is obtained based on a diameter of the manhole in the world coordinate system, number of pixels displaying a diameter of the manhole in the image coordinate system, a focal distance of the camera, and a length corresponding to the one pixel of the camera. To

exhibit a virtual image of a gas tube or the like buried in the ground for a used of an HMD device, it is necessary to accurately align its ground position with a view point position (camera parameter) of the camera. A parameter estimating module 300 estimates the camera parameter.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-275013

(P 2 0 0 0 - 2 7 5 0 1 3 A)

(43) 公開日 平成12年10月6日(2000.10.6)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G01B 11/00		G01B 11/00	H 2F065
G06T 7/00		G06F 15/62	415 5B057

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平11-80000

(22) 出願日 平成11年3月24日(1999.3.24)

(71) 出願人 397024225

株式会社エム・アール・システム研究所  
神奈川県横浜市西区花咲町6丁目145番地

(72) 発明者 守屋 裕子

横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花  
咲ビル 株式会社エム・アール・システム  
研究所内

(72) 発明者 田村 秀行

横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花  
咲ビル 株式会社エム・アール・システム  
研究所内

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康德 (外2名)

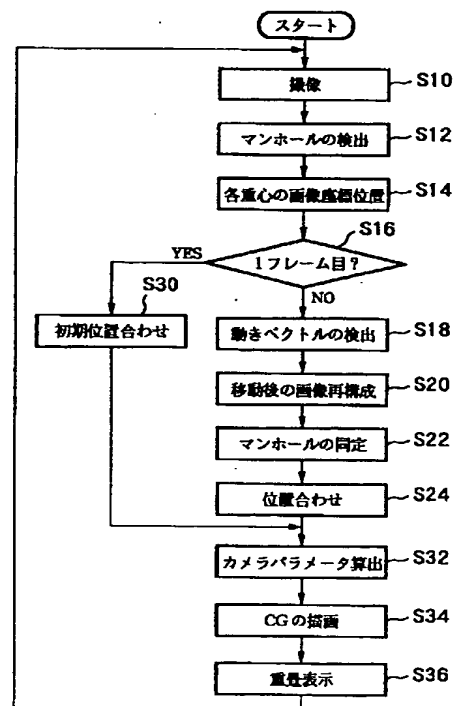
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 視点位置姿勢の決定方法、コンピュータ装置および記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 世界座標値が夫々既知の3つのマンホールを用いて、ユーザと共に移動するカメラの位置姿勢を検出する装置を提案する。

【解決手段】 世界座標系での位置が知られた3つのマンホールを含む画像をユーザと共に移動するカメラにより取得し、この画像を処理して前記3つのマンホールの画像座標を夫々取得し、画像中での夫々のマンホールと、世界座標値が既知のマンホールとを対応付け、対応関係に基づいて、前記カメラの位置姿勢決定のためのパラメータを演算して出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 世界座標系での位置が知られた第 1 乃至第 3 のマークとを含む画像をユーザと共に移動するカメラにより取得し、

この画像を処理して前記 3 つのマークの画像座標を夫々取得し、

画像中での夫々のマークと、世界座標値が既知のマークとを対応付け、

対応関係に基づいて、前記カメラの位置姿勢決定のためのパラメータを演算して出力することを特徴とする視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 2】 演算されたパラメータを用いてコンピュータ仮想画像を生成し、その仮想画像をユーザに呈示することを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 3】 前記第 1 のマークの世界座標値は既知であり、第 2 と第 3 のマークは、前記第 1 のマークに対する相対位置が既知であることを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 4】 さらに、位置が既知の前記第 1 のマークからの方向および距離を、前記第 2 のマークと第 3 のマークについて測定し、その測定結果を基に、前記第 2 と第 3 のマークの世界座標値とすることを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 5】 前記カメラが 1 つである場合において、前記 3 つのランドマークの画像座標に基づいて、前記 3 つのマークの奥行き情報を得、前記 3 つのマークについて得られた、画像座標と奥行き情報とに基づいて前記パラメータを演算することを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 6】 前記カメラが 2 つである場合において、その 2 つのカメラからの画像に基づいてマークを同定することを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 7】 前記マークはマンホールであることを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 8】 前記マークは既知の位置に前もって複数配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 9】 前記マークの一部のマークの世界座標を、既知のマークの世界座標と前記取得画像とに基づいて求めることを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 10】 前記マークは所定の形状を有する物体であって、前記座標は当該物体の画像中の重心位置であることを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 11】 ユーザが移動した場合には、移動後の画像に基づいて動きベクトルを算出し、

移動後の前記画像中に検出したマーカの画像座標と、移動前の画像中に対応付けたマーカを前記ベクトルに基づいて補正して得たマーカの画像座標とを比較することにより、移動後の前記画像中に複数のマーカを同定することを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

【請求項 12】 請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の視点位置姿勢の決定方法を実行するコンピュータプログラムを記憶する記憶媒体。

【請求項 13】 請求項 12 に記載の記憶媒体を装着したコンピュータ装置。

【請求項 14】 前記カメラは屋外の画像を撮影することを特徴とする請求項 1 に記載の視点位置姿勢の決定方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、視点位置姿勢の決定方法に関し、特に、カメラの視点位置を、3 つのマークによって決定する方法などの改良に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、現実空間と仮想空間の融合を目的とした複合現実感 (MR: Mixed Reality) に関する研究が盛んになっている。その中でも、現実空間に仮想空間の情報を重畳表示する技術は「オーグメンティド・リアリティ」(AR: Augmented Reality) と呼ばれている。

【0003】現実の映像に CG で作成した仮想の映像を重ね合わせる AR (Augmented Reality) 技術は、現実世界の位置を正確に測定する必要がある。実際には、位置センサで計測されたデータの信頼性は高くないため、補助的な手段により、センサ出力を補正するという手法が取られている。

【0004】現実の映像として屋内の映像を使う場合には、上記補助手段として、壁やテーブルなどの上の既知位置に、マーカ等を貼付け、それをカメラで捉えて、画像座標系でのマーカ位置を求めることにより、重畳の際の位置合わせデータを補正するという手法が使われている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、屋外で AR を利用するには、屋内よりも利用範囲を広げる必要があり、従来は、GPS センサなどの精度の低いセンサを使うという方法がとられている ("A Touring Machine: Prototyping 3S Mobile Aggmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment", Steven Feiner, Blair MacIntyre, Tobias Hiller, Anthony Webster, In Proc ISWC '97 Int. Symp. on Wearable Computing) が、特に都市部では高層ビルなどが立ち並び、GPS センサを利用することは難しい。

【0006】これは、屋外ではランドマークを設定すること自体が甚だ困難だからである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みて提案されたもので、その目的は、特に屋外において、簡単な構成により、カメラの視点位置・姿勢を検出することができる方法を提案する。

【0008】上記課題を達成するための、本発明の請求項1にかかる視点位置姿勢の決定方法は、

【0009】世界座標系での位置が知られた第1乃至第3のマークとを含む画像をユーザと共に移動するカメラにより取得し、

【0010】この画像を処理して前記3つのマークの画像座標を夫々取得し、

【0011】画像中での夫々のマークと、世界座標値が既知のマークとを対応付け、

【0012】対応関係に基づいて、前記カメラの位置姿勢決定のためのパラメータを演算して出力することを特徴とする。

【0013】上記3つのマークは、少なくとも、カメラパラメータを演算する前には、その世界座標値を既知としているので、上記のように、カメラパラメータ、即ち、ユーザの視点位置姿勢を演算することができる。

【0014】本発明の方法は種々の利用があるが、特に、本発明の好適な一態様である請求項2に拠れば、演算されたパラメータを用いてコンピュータ仮想画像を生成し、その仮想画像をユーザに呈示するものである。

【0015】マークの世界座標値はパラメータ演算時には必須であるが画像取得時には必須ではない。本発明の好適な一態様である請求項3に拠れば、前記第1のマークの世界座標値は既知であり、第2と第3のマークは、前記第1のマークに対する相対位置が既知である。

【0016】またさらに、本発明の好適な一態様である請求項4に拠れば、位置が既知の前記第1のマークからの方向および距離を、前記第2のマークと第3のマークについて測定し、その測定結果を基に、前記第2と第3のマークの世界座標値とすることを特徴とする。

【0017】カメラの数は用途に応じて決定すべきである。本発明の好適な一態様である請求項5に拠れば、前記カメラが1つである場合において、

【0018】前記3つのランドマークの画像座標に基づいて、前記3つのマークの奥行き情報を得、

【0019】前記3つのマークについて得られた、画像座標と奥行き情報とに基づいて前記パラメータを演算することを特徴とする。

【0020】一方、前記カメラが2つである場合において、本発明の好適な一態様である請求項6に拠れば

【0021】その2つのカメラからの画像に基づいてマークを同定することを特徴とする。

【0022】本発明の好適な一態様である請求項7に拠れば、前記マークはマンホールである。

【0023】本発明の好適な一態様である請求項8に拠

れば、前記マークは、既知の位置に前もって複数配置されている。

【0024】マークの世界座標値はパラメータ演算時には必須であるが画像取得時には必須ではない。本発明の好適な一態様である請求項9に拠れば、前記マークの一部のマークの世界座標を、既知のマークの世界座標と前記取得画像とに基づいて求める。

【0025】本発明の好適な一態様である請求項10に拠れば、前記マークは所定の形状を有する物体であって、前記座標は当該物体の画像中の重心位置である。

【0026】カメラの位置姿勢検出はカメラが特に移動している場合に有効である。そこで、本発明の好適な一態様である請求項11に拠れば、

【0027】ユーザが移動した場合には、

【0028】移動後の画像に基づいて動きベクトルを算出し、

【0029】移動後の前記画像中に検出したマーカの画像座標と、移動前の画像中に対応付けたマーカを前記ベクトルに基づいて補正して得たマーカの画像座標とを比較することにより、移動後の前記画像中に複数のマーカを同定する。

【0030】

【発明を実施するための形態】以下に、添付図面を参照しながら、本発明を埋設物シミュレーション装置に適用した実施形態を説明する。埋設物シミュレーション装置とは、地中に埋設されたもの（例えばガス管）を、地中から掘り出すことなく、その仮想画像をユーザに呈示するものである。この呈示により、ユーザは埋設物の凡その位置を地上において確認することができ、そのユーザが、埋設物である例えばガス管の交換作業を行うのであれば、誤った位置の地面を掘り返す等の無駄を省くことができるというものである。

【0031】第1図は、実施例のシミュレーション装置の構成を示す。この埋設物シミュレーション装置は、同図に示すように、奥行き推定モジュール100と座標検出モジュール200とパラメータ推定モジュール300とからなる。この埋設物シミュレーション装置は、位置が既知の3つのマンホールの画像を取得する。この3つのマンホールの世界座標系での重心位置は全て既知であるものとする。尚、各マンホールの重心位置については、少なくとも第1のマンホールは、その重心位置が世界座標系で既知であり、残りのマンホールについては、上記第1のマンホールに対する相対位置が判っているように簡略化してもよい。

【0032】座標検出モジュール200は、3つのマンホールの画像座標系での重心の座標位置を検出する。奥行き推定モジュール100はこれら3つのマンホールの画像座標系での重心位置と、既知の世界座標系での重心位置とに基づいて、各マンホールの重心の世界座標系での奥行きを検出する。各マンホールの奥行きは、世界座

標系でのマンホールの直径、画像座標系でのマンホールの直径を表すピクセル数とカメラの焦点距離、カメラの1ピクセルに相当する長さに基づいて求められる。

【0033】埋設物シミュレーション装置は、例えば第1図のように、HMD(Head Mount Display)を装着したユーザに対して、実際には地中に埋設されているもの

(ガス管など)の仮想の画像を呈示するもので、そのためには、その地上の位置と、カメラの視点位置(ユーザの視点位置)とが精度良く位置合わせされている必要がある。換言すれば、カメラの視点位置を精度良く検出する必要がある。このカメラの視点位置(カメラパラメータ)は、前述の3つのマンホールの夫々の重心の画像座標系での位置から求めることができる。パラメータ推定モジュール300はこのカメラパラメータを推定する。

【0034】本実施形態システムで、ランドマークとしてマンホールを選んだ理由は、埋設物シミュレーションは道路などで行われることが多く、道路には多くのマンホールが必ず設けられていること、そのマンホールの絶対座標位置が既にデータベース化されていることから、ユーザが移動しながらシミュレーションする場合には好適であること、また、マンホールは形状が円形であり、色の決まった色が用いられていることから認識が容易であること、などによる。

【0035】3つのマンホールは例えば第2図のように配置されていたとする。これら3つのマンホールの世界座標系での位置は既知である。但し、そのうちの第1のマンホールの位置は世界座標系で与えられており、第2のマンホールと第3のマンホールの位置は、第1のマンホールに対する相対位置、即ち、位置ベクトル $v_1$ 、 $v_2$ として与えられる。

【0036】第3図の例は、各組が3つのマンホールで、そのようなマンホールが複数組存在する例である。第3図の例では、各マンホールの世界座標系での位置は既知であるとする。第3図の例では、カメラパラメータを得る問題は、ユーザが移動していく過程で、即ち、カメラが移動していく過程でカメラが捉えたマンホールを同定する問題に帰着する。

【0037】第4図は、実施形態における処理手順を説明する。第4図のフローチャートは、所定時間間隔毎に実行され、不図示のコンピュータメモリに記憶され、或いは必要に応じてCDROM等からロードされる。

【0038】ステップS10では、カメラがその時点で向いている方向の画像を取得する。ステップS12では、その画像に対してエッジ検出処理を施し、ステップS14では、更に公知のハフ(Hough)変換を施して、画像中の3つのマンホールの各重心位置を検出する。この重心位置はカメラの座標系での座標で表されている。

【0039】ステップS16では、現在の画像取得シーケンスが1フレーム目であるか、或いは、2フレーム目以降であるかを判断する。

【0040】画像取得が1フレーム目である場合には、ステップS30に進み、「初期位置合わせ処理」を行う。この初期位置合わせは、ステップS14で得られた画像座標系での重心位置はマンホールの同定のために情報不足であるので、各重心位置がどのマンホールであるかを初期的に一回だけ同定する必要があるからである。

【0041】この同定は、数が3つと少ないので、ユーザ支援によるものであることが効率的である。即ち、前述したように、最初のマンホール(第2図の3つのマンホール)の世界座標系での重心位置は与えられているので、第5図のように、各マンホールの識別子と座標値とは組として不図示のメモリに記憶されている。そこで、カメラパラメータ推定モジュール300は、例えば、カメラが先に取得した画像と各マンホールの重心位置とをHMDに表示し、ユーザに、重心位置のマーカと識別子( $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ )とを対応付けさせる。これにより、推定モジュール300は、どのマンホール(の重心)がどの識別子をもっているかを認識することとなる。

【0042】次に、ステップS32でカメラパラメータの算出を行う。

【0043】ここで、一般的に3点による、カメラパラメータ行列Cの推定の手法について説明する。ここで開示する方法以外にも、精度や効率の点で劣るが、例えば、Mellor (J. P. Mellor: "Realtime camera calibration for enhanced reality visualization," Proc. CVRMed '95, pp.471-475, 1995.)や、中沢、中野、小松、斎藤: "画像中の特徴点に基づく実写画像とCG画像との動画像合成システム", 映像情報メディア学会誌, Vol.51, No.7, pp.1086-1095, 1997.)がある。

【0044】第6図に示すように、3点のランドマーク、即ち、マンホールの3つの重心( $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ) (世界座標 $Q_{wi} = (X_{wi}, Y_{wi}, Z_{wi}, 1)$ )が、カメラにより、画像座標 $q_i = (x_i, y_i)$ で撮像されたとする。これらのランドマークの世界座標系から画像座標系への投影は次式のように記述できる。

【0045】[EQ1]

$$\begin{pmatrix} x_i \cdot h_i \\ y_i \cdot h_i \\ h_i \end{pmatrix} = C' \cdot P_{wi} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{34} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{wi} \\ Y_{wi} \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0046】この式における媒介変数 $h_i$ は、カメラ座標系におけるランドマーク $Q_i (=Q_1, Q_2, Q_3)$ の奥行き値 $Z_{ci}$ と比例関係にあり、ある定数 $k$ を用いて、[EQ2]

$$h_i = k \cdot Z_{ci}$$

【0047】と表わすことができる。また、この比例関係を満たす値であれば、 $k$ の値は任意に選ぶことができる。今、ランドマーク $Q_i$ に対する奥行きの尺度として、[EQ3]

$$Z_{ci} \propto z_i$$

【0048】を満たすような値 $z_i (z_1, z_2, z_3)$ が得られ

ているとする。この場合、 $z_i$  を式(EQ1)の $h_i$  に代入することで、1点のランドマークについて次の3つの式を得る。

[EQ4]

$$\begin{aligned}x_i \cdot z_i &= a_{11}X_{wi} + a_{12}Y_{wi} + a_{14} \\y_i \cdot z_i &= a_{21}X_{wi} + a_{22}Y_{wi} + a_{24} \\z_i &= a_{31}X_{wi} + a_{32}Y_{wi} + a_{34}\end{aligned}$$

同一直線上にない3点以上のランドマークを観測した場合、

【0049】[EQ5]

$$U' = \begin{pmatrix} x_1 z_1 & x_2 z_2 & x_3 z_3 \\ y_1 z_1 & y_2 z_2 & y_3 z_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{pmatrix}$$

【0050】[EQ6]

$$W' = \begin{pmatrix} X_{w1} & X_{w2} & X_{w3} \\ Y_{w1} & Y_{w2} & Y_{w3} \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

と表記すると、式(EQ1)の関係は、

【0051】[EQ7]

$$U' = C' \cdot W'$$

【0052】と表わすことができるので、行列 $C$ の第3列( $Z$ 座標に関する成分)を省略した $3 \times 3$ の行列であるところの、行列 $C'$  は[EQ8]

$$C' = U' \cdot W'^{-1}$$

【0053】によって得ることができる。そして、得られた $C'$  からカメラパラメータ $C$ を求めることができる。即ち、カメラ座標系から画像座標系への透視変換行列を $P$  ( $3 \times 4$ 行列)、世界座標系からカメラ座標系への座標変換行列 $M$ を ( $4 \times 4$ 行列) とすると、

【0054】[EQ9]

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/f & 0 \end{pmatrix}$$

【0055】[EQ10]

$$M = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} \cdot f & a_{32} \cdot f & a_{33} \cdot f & a_{34} \cdot f \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

であり、行列 $C$  ( $3 \times 4$ )は

【0056】[EQ11]

$$C = P \cdot M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/f & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} \cdot f & a_{32} \cdot f & a_{33} \cdot f & a_{34} \cdot f \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

と表すことができ、行列 $C'$  も同様に、

【0057】[EQ12]

$$C' = PM' = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/f & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{24} \\ a_{31} \cdot f & a_{32} \cdot f & a_{34} \cdot f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

と表すことができる。カメラの焦点距離 $f$ が既知であれば、行列 $M'$  の要素は、前述したように、行列 $C'$  から容易に求めることができる。そして、行列 $M$ の第3列は、行列 $M$ の(すなわち行列 $M'$  の)第1列( $x$ 軸)と第2列( $y$ 軸)が表わす2つのベクトルに直交するベクトルとして求めることができる。したがって、行列 $M$ は行列 $M'$  から推定可能であり、こうして得られた行列 $M$ を式(EQ11)に代入することで、カメラパラメータを表わす行列 $C$ を獲得することができる。即ち、3点のランドマークを $Z=0$ 平面に拘束することによって、カメラパラメータ $C$ を得ることができた。

【0058】即ち、式(EQ)の行列 $W'^{-1}$  は、3点の既知のランドマークの世界座標の組であり、予め計算しておくことができる。したがって、カメラパラメータの推定問題は、行列 $U'$ 、すなわち、3点のランドマークの画像座標と、その奥行き $z_i$ を求める問題に帰着する。

【0059】なお、3点のランドマーク $Q_i$ は必ず1つの平面上に存在するが、その平面が、世界座標系の $Z=0$ 平面でない場合がある。このような場合でも、その3点 $Q_i$ のランドマークが配置された平面から、 $Z=0$ 平面への座標変換行列 $N$  ( $4 \times 4$ )は必ず存在し、また容易に求めることができる。したがって、そのような座標変換行列 $N$ によって変換された各ランドマークの世界座標 $P''_{wi}$ は、

【0060】[EQ13]

$$P''_{wi} = N Q_i$$

であり、式(EQ1)乃至式(EQ12)を満足しなくてはならない。即ち、変換された座標 $P''_{wi}$ について式(EQ1)乃至式(EQ12)を解いて得たカメラパラメータ行列を $C^{(*)}$  とすると、

[EQ14]

$$C = C^{(*)} \cdot N$$

とすることで、正しいカメラパラメータ $C$ が導出される。推定モジュール300は、ステップS32において、上記EQ14に従ってカメラパラメータを、即ち、ユーザの視線方向を計算する。

【0061】次のステップS34では、上記求められたパラメータに従った、即ち、ユーザの視点位置からのグラフィック画像をメモリ上に描画する。この例では、地中に埋設されたガス管の画像を、ユーザの視点位置から見たCG画像として描画する。ステップS36では、このCGをHMDに表示する。

【0062】かくして、ユーザが最初にマンホールの画像を得た位置で見える(筈の)埋設物のCGがHMDに

表示される。

【0063】時間が経過して2フレーム目の画像が取得される。即ち、ユーザは移動しているであろう。本実施形態では、ユーザに対しては、移動を行っても、常に、3つ以上のマンホールがカメラの視野に入ることを条件づけている。このために、第3図の例のような場合には、カメラを大きく傾けねばならない場合もあろう。

【0064】そこで、ステップS12で、2フレーム目の画像から、第1フレーム目と同じように複数のマンホールが検出され、ステップS14では各マンホールの重心位置が演算される。この時点では、マンホールの重心は同定はされていない。例えば、第2フレーム目の画像中に、3つのマンホールの重心が検出されとし、それらの重心を、

$$【0065】Q_1' = (x_1', y_1'),$$

$$【0066】Q_2' = (x_2', y_2'),$$

$$【0067】Q_3' = (x_3', y_3')$$

【0068】とする。これらの重心を一般的に $Q_i^{(k)}$  ( $i$  は「1」や「2」や「3」を表す) と表記する。

【0069】そして、ステップS16→ステップS18と進み、ステップS18では、第1フレームから第2フレームまでの画像の動きベクトルが計算される。この動きベクトルの演算は、ユーザの移動を検出するためであって、第7図に示すように、マンホール或いはマンホール以外の特徴点を画像から抽出して、その特徴点の移動方向と移動距離とをもって動きベクトルとする。動きベクトルが求められると、ステップS20では、第1フレームのマンホールの各重心を上記ベクトル $\Delta V$ だけ平行移動させて、第1フレーム目のマンホールを第2フレーム目の画像空間で描画する。これにより、第2フレーム目の画像空間で、第1フレームの画像で得られたマンホールの重心 $Q_1'$ 、 $Q_2'$ 、 $Q_3'$ は、それぞれ、

$$【0070】Q_1'' = Q_1' + \Delta V$$

$$【0071】Q_2'' = Q_2' + \Delta V$$

$$【0072】Q_3'' = Q_3' + \Delta V$$

【0073】となる。これらの第2フレームの重心位置を一般に、 $Q_i^{(k)}$  ( $k$  は、1, 2, 3を表す) と表記する。ステップS22では、第2フレーム目についてステップS12で得られたマンホール重心 $Q_i^{(k)}$  のどれが、ステップS20で得られたマンホール重心 $Q_i^{(k)}$  と一致するかを判断する。この場合、平行移動で得られた重心 $Q_i^{(k)}$  に最も近接している、画像処理で得られた重心 $Q_i^{(k)}$  同士を同じものとして同定する。

【0074】ステップS24以下の処理を前述したとおりである。

【0075】かくして、ユーザが移動しても、そのユーザのカメラが既知のマンホールを3つ以上捉えていれば、その画像中に認識されたマンホールを同定することができるので、本システムは、その時点のカメラの姿勢

(ユーザの頭部姿勢)を検出することができ、よってカメラパラメータを決定できるので、適切なAR画像をユーザに呈示することができる。

【0076】〈他の実施形態〉ところで、全ての場合において、好ましい位置にマンホール、即ち、ランドマークがおかれているとは限られない。しかしながら、本実施形態は少なくとも3つのランドマークを必要とする。そこで、以下に、位置が既知のランドマークが存在しない場合においても、ランドマークを生成する手法を説明する。

【0077】第8図は、ユーザが前もって道路にランドマークをおいた状態を示している。即ち、この場合のランドマークは、見分けやすい(画像認識しやすい)特有の蛍光色を付されたマーカLM<sub>n</sub>を多数道路に配置するのである。このうち、3つのランドマークLM<sub>1</sub>～LM<sub>3</sub>については世界座標が既知の位置に配置する。

【0078】上記の特定マーカLM<sub>1</sub>～LM<sub>3</sub>がカメラ視野に入る間は、ユーザが何処に移動しようとも、上記特定マーカLM<sub>1</sub>～LM<sub>3</sub>をカメラ視野に捉えている限りは、世界座標が既知のマーカLM<sub>1</sub>～LM<sub>3</sub>の画像を取得できるので、上記実施形態の手法を適用できる。

【0079】もしユーザが、マーカLM<sub>1</sub>～LM<sub>3</sub>のいずれかが視野に入らないような位置に移動したい場合には次のようにする。

【0080】即ち、例えば、第8図で、マーカLM<sub>7</sub>の位置にカメラをおいて、位置が既知のマーカLM<sub>1</sub>～LM<sub>3</sub>が視野に入るようにカメラを向ける。そして、カメラパラメータ推定アルゴリズムを適用し、カメラ位置を求めれば、それがマーカLM<sub>7</sub>の世界座標となる。

【0081】この手法を、世界座標が不明であるようなマーカを使わざるを得ない場合に適用すると、そのマーカの世界座標値は既知となるので、効率は悪いが、第4図の制御手順を適用することができるようになる。

【0082】尚、初期位置において、世界座標を知るマーカを1つしか使うことができない場合には以下のようになる。即ち、第9図において、LM<sub>0</sub>を位置が既知のマーカとすると、そのマーカLM<sub>0</sub>から既知の相対位置に2つのマーカLM<sub>1</sub>、LM<sub>2</sub>を設定する。この設定は巻き尺などを用いる。これにより、マーカLM<sub>0</sub>、LM<sub>1</sub>、LM<sub>2</sub>の全ての座標値は既知となる。

【0083】〈変形例〉例えば、可動式のマーカを設置し、マンホールとの相対位置関係を前もって計測し、これらをデータベースに登録することにより、これら可動式のマーカをマンホールの変わりに使うこともできる。尚、マーカは可動式でなくとも、例えば地面に埋め込んでいても良い。

【0084】更に、道路などでシミュレーションを行う場合には、道路上の特有な形状、例えば道路のセンターライン、さらには、道路標識、信号機(特有の色を有する)などをマンホールの代わりのマーカとすることがで

きる。これらのマーカを認識するには、Hough変換の代わりにテンプレートマッチング法を採用する。

【0085】M2： 上記実施形態および実施例では、1台のカメラを用いていたが2台のカメラを用いても良い。2台のカメラを用いるときは、周知のステレオマッチングの手法によってランドマークの奥行き値をもとめることができる。このようにすると1台の場合に比べて、奥行き推定の精度を上げることができる。また、ステレオマッチングの対応付けを人間の手で与えれば、演算量を増加させずに済む。

M3： マンホールの検出は上記実施形態ではHough変換を用いたが、テンプレートマッチングを用いても良い。その理由は、マンホールは特有の色を付されている場合が多く、その色を付された部分を抽出するのは、Hough変換の前処理として必要なエッジ検出に比して比較的容易だからである。

M4： 上記実施形態では、位置センサを用いなかったが、補助的に位置センサ（例えば、ジャイロ、磁気センサ、光学センサ）を用いても良い。これらの位置センサの出力は、画像フレームからマンホールや特徴点を抽出

するときの補正要素として利用できる。

M5： 前述の実施形態では、第4図のステップS18、ステップS20において、動きベクトルの検出、さらには画像の再構成を行っていたが、ユーザの移動距離が小さい場合には、上記2つのステップを省略すること

ができる。その代わりに、今回のフレームで検出した複数のマンホールの各重心の中で、全開のフレームで検出したマンホールの重心位置に近いのもの同士を同一のマンホールとして同定するものである。

【0086】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明によれば、3つのマークによって、特に屋外においてカメラの位置姿勢を正確に且つ簡単に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】 本発明の位置姿勢検出方法を適用した埋設物シミュレーション装置の構成を説明する図。

【図2】 実施形態に用いるランドマークの配置を説明する図。

【図3】 実施形態に用いるランドマークの配置の他の例を説明する図。

【図4】 実施形態の制御手順を示すフローチャート。

【図5】 世界座標値が既知のランドマークのデータを記憶するデータベースの構成を説明する図。

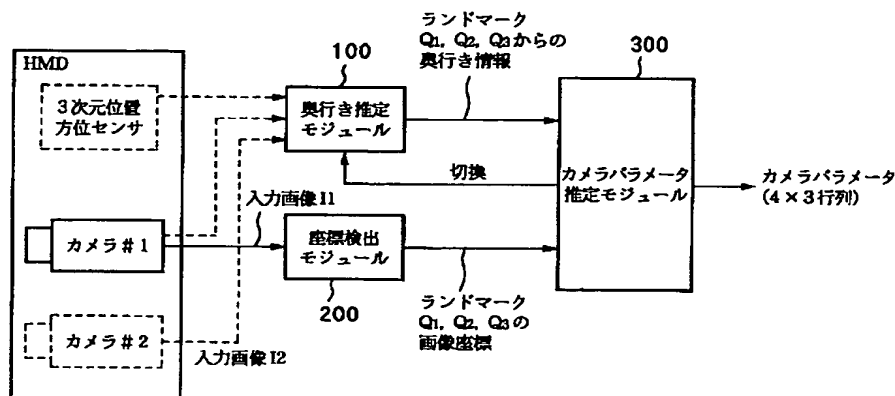
20 【図6】 実施形態によるカメラ姿勢パラメータを決定する原理を説明する図。

【図7】 動きベクトルを説明する図。

【図8】 他の実施形態におけるランドマークの配置を説明する図。

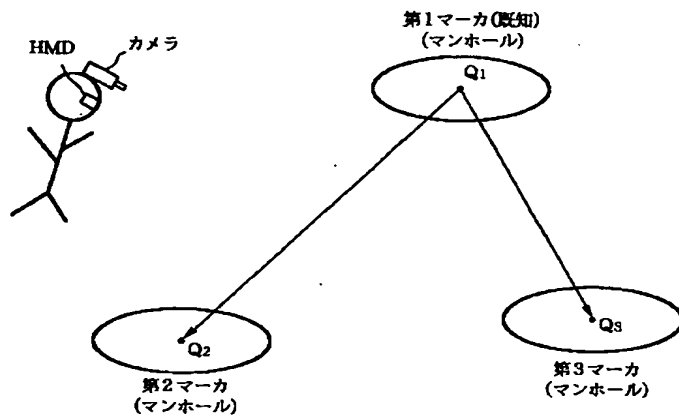
【図9】 他の実施形態におけるランドマークの配置を説明する図。

【図1】

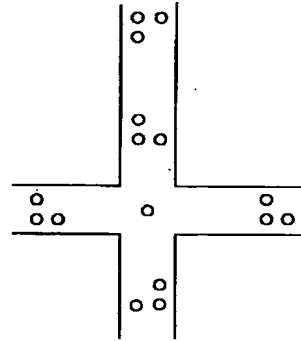




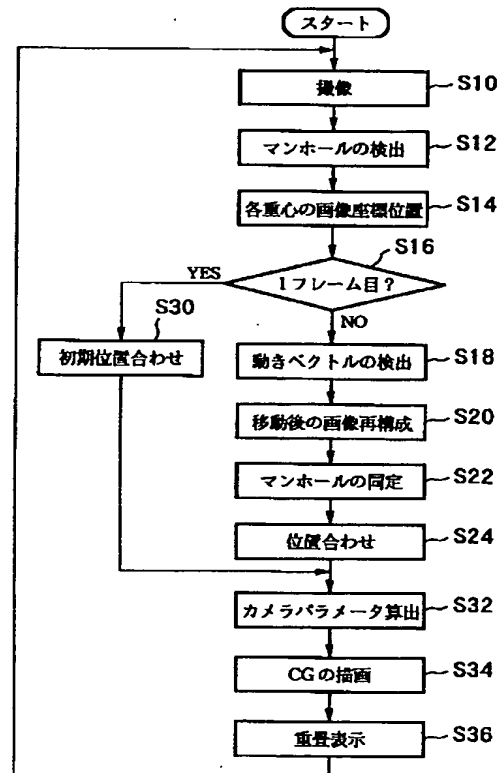
【図 2】



【図 3】



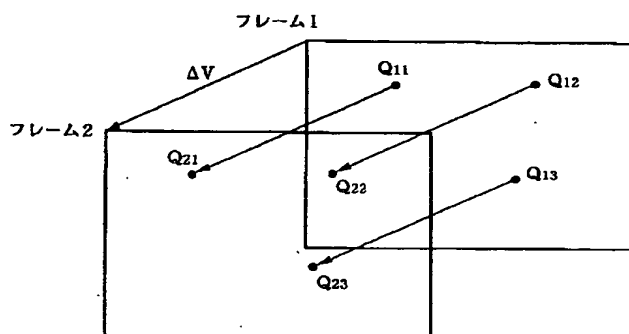
【図 4】



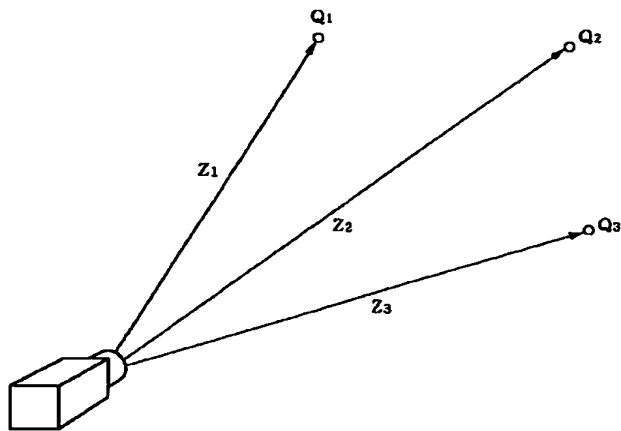
【図 5】

名前	ID	座標
第1マーク	$Q_1$	-----
第2マーク	$Q_2$	-----
第3マーク	$Q_3$	-----

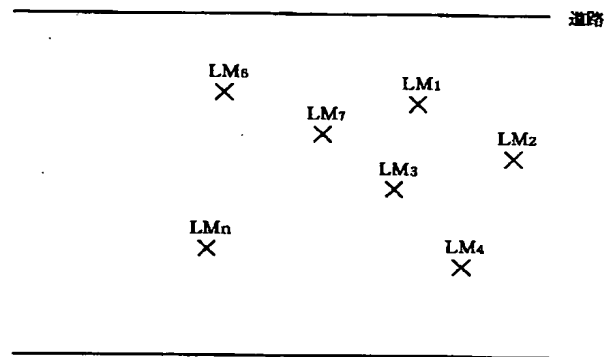
【図 7】



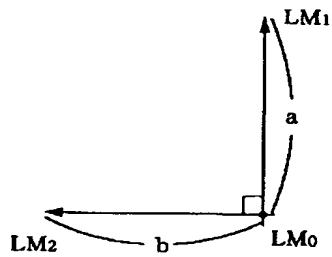
【図 6】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 裕之

横浜市西区花咲町 6 丁目145番地 横浜花

咲ビル 株式会社エム・アール・システム

研究所内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA17 AA37 BB15 BB27

FF04 FF09 QQ24 QQ27 QQ39

SS02 SS13 UU05

5B057 DA07 DB03 DC08